

世界国防科技年度发展报告 (2016)

航天领域科技 发展报告

中国航天系统科学与工程研究院



国防工业出版社
National Defense Industry Press

世界国防科技年度发展报告 (2016)

航天领域科技发展报告

HANG TIAN LING YU KE JI FA ZHAN BAO GAO

中国航天系统科学与工程研究院

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

航天领域科技发展报告/中国航天系统科学与工程

研究院编. —北京: 国防工业出版社, 2017. 4

(世界国防科技年度发展报告. 2016)

ISBN 978-7-118-11277-1

I. ①航… II. ①中… III. ①航天科技—科技发展—
研究报告—世界—2016 IV. ①V52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 055266 号

航天领域科技发展报告

编 者 中国航天系统科学与工程研究院

责任编辑 汪淳 王鑫

出版发行 国防工业出版社

地 址 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

印 刷 北京龙世杰印刷有限公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 19

字 数 222 千字

版 印 次 2017 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 115.00 元

《世界国防科技年度发展报告》

(2016)

编委会

主 任 刘林山

委 员 (按姓氏笔画排序)

卜爱民	王 逢	尹丽波	卢新来
史文洁	吕 彬	朱德成	刘 建
刘秉瑞	杨志军	李 晨	李天春
李邦清	李成刚	李晓东	何 涛
何文忠	谷满仓	宋志国	张英远
陈 余	陈永新	陈军文	陈信平
罗 飞	赵士禄	赵武文	赵相安
赵晓虎	胡仕友	胡明春	胡跃虎
真 溱	夏晓东	原 普	柴小丽
高 原	席 青	景永奇	曾 明
楼财义	熊新平	潘启龙	戴全辉

《航天领域科技发展报告》

编辑部

主 编 何 伟

副 主 编 李 云 曹秀云

编 辑 (按姓氏笔画排序)

特日格乐 梁晓莉 景木南

《航天领域科技发展报告》

审稿人员（按姓氏笔画排序）

史秉能 李 云 李 佳 李向阳
何 伟 陈 萱 姚 源 徐 鹏
曹秀云 蒋宇平 韩鸿硕 慈元卓

撰稿人员（按姓氏笔画排序）

王 聪 支 林 方 勇 龙雪丹
申 麟 曲 晶 任 晔 刘 博
刘春保 刘晓川 刘海印 孙 龙
孙红俊 杨 开 李 云 李金钊
吴胜宝 张莉敏 陈 萱 陈建光
姚保寅 贾 平 特日格乐 徐程远
高 原 曹秀云 梁晓莉 屠 空
程绍驰 解晓芳

编写说明

军事力量的深层次较量是国防科技的博弈，强大的军队必然以强大的科技实力为后盾。纵观当今世界发展态势，新一轮科技革命、产业革命、军事革命加速推进，战略优势地位对技术突破的依赖度明显加深，军事强国着眼争夺未来军事斗争的战略主动权，高度重视推进高投入、高风险、高回报的前沿科技创新。为帮助对国防科技感兴趣的广大读者全面、深入了解世界国防科技发展的最新动向，我们秉承开放、协同、融合、共享的理念，共同编撰了《世界国防科技年度发展报告》（2016）。

《世界国防科技年度发展报告》（2016）由综合动向分析、重要专题分析和附录三部分构成。旨在通过深入分析国防科技发展重大热点问题，形成一批具有参考使用价值的研究成果，希冀能为促进自身发展、实现创新超越提供借鉴，发挥科技信息工作“服务创新、支撑管理、引领发展”的积极作用。

由于编写时间仓促，且受信息来源、研究经验和编写能力所限，疏漏和不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

中国国防科技信息中心

2017年3月

前 言

航天科技肇端于军事对抗。伴随着国际政治、经济、军事、技术格局的不断演进，航天装备已逐步发展为国之利器，成为大国逐鹿太空的重要依托。航天科技作为利器之刃，不但凝聚着人类探索宇宙的激情，勾勒着航天装备的未来图景，也承载着安邦定国的大任。

当前，世界处于第六次科技革命的前夜，主要国家无不蓄积力量，推动航天科技日新月异。面对时不我待的紧迫形势，习主席深刻指出，“主要国家都在大力发展太空力量和手段”“要坚持创新驱动发展，紧跟世界军事革命特别是军事科技发展方向，超前规划布局，加速发展步伐”“要尽快在核心技术上取得新的重大突破”“要重点把握基础技术、通用技术；非对称技术、‘杀手铜’技术；前沿技术、颠覆性技术”。有鉴于此，我们组织业界专家，编撰了本书，旨在全面、系统、准确、深入地反映本年度航天科技领域的发展态势，供相关人员借鉴、参考。

本书包括三部分：综合动向分析部分在总括 2016 年国外军事航天之后，分领域概述了航天运载、侦察监视、通信、导航、太空对抗、载人航天的重大进展；重要专题分析部分围绕 2016 年重点、热点开展专项分析；附录部分逐月梳理了 2016 年主要事件，并择要点评，列表展示了 2016 年国外航天发射任务全貌。

中国航天系统科学与工程研究院于 2016 年 3 月经中央机构编制委员会

办公室批准成立。作为航天领域资深情报研究机构，我院传承了原 707 所和 710 所钱学森智库的博大精深与保家卫国的精气神儿，潜心学术、长期奋战、恪尽职守、勇于担当，为我国国防工业与航天事业蒸蒸日上发挥着重要的战略支撑与技术预警作用。

参与本书编著的皆为领域专家或科研人员，在此特别感谢中国国防科技信息中心和北京航天长征科技信息研究所等单位的大力支持。尽管编写组竭尽全力，但偏颇、疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2017 年 3 月

目 录

综合动向分析

2016 年航天领域科技发展综述	3
2016 年航天运载技术发展综述	13
2016 年侦察监视卫星技术发展综述	23
2016 年军用通信卫星技术发展综述	34
2016 年导航定位卫星技术发展综述	42
2016 年太空对抗技术发展综述	50
2016 年载人航天技术发展综述	58
2016 年美国国防高级研究计划局航天技术发展综述	67

重要专题分析

美国国防部调整太空政策强化慑战能力	75
美国太空威慑战略发展新动向	80
智库提出“美国太空安全战略再平衡”构想	90
美军多举措推进太空与网络空间融合发展	97
美国“猎鹰”9 火箭一子级海上回收技术分析	106
美国“猎鹰”9 火箭地面点火试验事故分析	116

美国重型运载火箭最新进展与启示	125
俄罗斯旋转爆震火箭发动机技术突破将引发航天动力新变革	136
美国寻求利用物理层安全技术提升卫星网络安全	142
空间计算技术或将引发天基信息网络体系变革	146
国外微小卫星快速发展现状与问题	150
国外 MEMS 微推进器技术发展分析	160
国外光学合成孔径成像系统技术发展分析	167
欧洲激光通信技术率先进入实用阶段	180
国外空间原子钟技术发展研究	187
美军太空态势感知最新发展动向	197
国外弯曲焦平面阵列成像技术发展分析	206
国外在轨装配技术发展研究	215
国外石墨烯制备技术与应用分析	223

附录

2016 年航天领域科技发展大事记	235
2016 年国外航天发射任务统计	259

ZONG HE

DONGXIANG FENXI

综合动向分析

2016 年航天领域科技发展综述

2016 年，世界军事航天发展势头仍然强劲。主要国家陆续出台国家航天发展纲领性文件，为保持或谋求在世界军事航天领域的先进地位勾画新的蓝图；军用航天装备持续稳步发展，新一代航天装备按计划陆续投入使用；同时，在当前强劲的科技变革态势推动下，航天前沿技术不断涌现。

一、加紧顶层战略谋划，抢占太空优势地位

主要国家陆续制定航天发展战略与规划，谋求在新一轮政治与军事博弈中占据战略制高点。

（一）美国国防部更新太空政策，强化太空慑战能力

11 月，美国国防部发布 3100.10 号指令《太空政策》修订版，对 2012 年以来奥巴马政府的军事航天政策进行更新，集中体现了美军近期对太空控制问题的思考成果。该政策在保留 2012 年版主要内容的同时，提出国防部核心任务不仅包括慑止太空攻击，而且将天基能力嵌入军事行动规划中，在提升太空任务有效性的同时，提升太空力量支持跨域协同作战的能力。

美国国防部着力推进太空控制能力实战化，将对美国军事航天发展产生重大影响。

美国空军航天司令部发布《空军航天司令部远期科技挑战》，提出未来 10~35 年美军在太空、网络空间以及太空/网络交叉领域需实现的 11 项关键技术能力，包括能有效开展卫星在轨维护、退役卫星再利用、在轨防御和弹性体系建设、卫星自主修复等用于提升太空作战的新技术能力，对于美军落实“第三次抵消战略”、实现其未来战略构想具有重要意义。

（二）俄罗斯明确未来 10 年发展方向，巩固航天领先地位

俄罗斯政府审议通过《2016—2025 年联邦航天计划》草案，以实现“俄罗斯航天技术处于世界先进水平、巩固俄罗斯在航天领域领先地位”为战略目标，以“建设先进高效的太空应用体系、巩固进入空间能力优势”为发展方向，重点发展通信、对地观测卫星系统及其发射所用的运载火箭，使俄罗斯在轨卫星到 2025 年从 49 颗增加到 73 颗，推动新型“联盟”和“安加拉”火箭逐步投入使用，并研制超重型运载火箭。

（三）欧洲新版航天战略强调自主、安全地进入和利用太空

欧洲一直将航天视为推动社会经济发展、保障欧洲安全以及提高政府公共服务效率的重要手段。为深化泛欧航天合作、推进航天应用、强化安全保障，并进一步提升国际领先地位，欧盟委员会发布新版《欧洲航天战略》，确立航天应用、强化航天能力、确保航天自主、提升航天地位等四大目标，引领 2030 年前欧洲航天发展方向，提出将重点支持可重复使用、小型运载器技术等新型运载器技术研发与创新，增强空间态势感知与应对威胁的能力以及加强统筹军民航天活动。

（四）日本将航天列为军事技术重点，强化军事航天能力发展

为有效应对技术快速发展对全球安全环境构成的巨大影响，日本于

2016年8月发布第二次世界大战后首个《防卫技术战略》以及与之配套的《防卫技术中长期展望》，不仅提出军事技术创新若干措施，而且明确未来20年的18个军事技术重点方向。其中，航天作为重点技术方向，将围绕“情报搜集”“情报共享”“稳定利用”等三项核心军事能力，将卫星托管型红外探测器技术、太空监视技术、机载空中发射技术、提高任务效果技术等列为未来军事技术领域优先发展方向，强调“提高卫星抗毁性、确保在发生各种事态时可持续发挥作用”。

二、推动新型运载器研制，确保低成本进入太空

主要国家一方面继续推进新一代一次性运载火箭研制，在确保安全可靠的同时进一步降低进入空间的成本；另一方面取得了可重复使用运载火箭技术重大突破，有望提供更高效费比的进入空间能力。

（一）一次性运载火箭更新换代稳步推进

美国“航天发射系统”（SLS）新一代重型运载火箭在2015年通过关键设计评审后，2016年进入系统组装、集成、试验和投产阶段，并取得了多项进展。一是完成了五段式固体助推器的第二次地面鉴定试车，初步结果显示助推器性能良好；二是芯级RS-25发动机的地面试验型号和飞行型号分别完成3次和1次热试车，累计点火时长超过2400秒，验证了改进后的发动机性能；三是完成芯级液氢贮箱结构件制造。

日本新型H-3运载火箭7月完成了火箭系统、地面系统和分系统的初步设计评审，并启动了发射系统和地面设施的详细设计。H-3火箭是日本为竞争商业发射市场而开发的新型运载火箭，发射价格为现役H-2火箭的一半。该型火箭在2013年启动研发，预计2020年具备发射能力，其年发射

次数有望达到 6 次。该火箭采用两级构型，箭体长约 63 米，芯级直径约 5.2 米，使用 2 台或 3 台 LE-9 发动机；可捆绑 2 个或 4 个直径 2.5 米的固体助推器；地球同步转移轨道（GTO）运载能力超过 6.5 吨。

（二）重复使用运载器技术取得突破

美国两家商业公司的运载火箭在海上与陆地多次成功实现子级回收。蓝色起源公司 2016 年 1 月利用回收的“新谢泼德”亚轨道火箭再次完成火箭子级地面垂直回收试验，实现了全球首次液体火箭重复使用；4 月至 11 月又利用该枚火箭连续三次完成陆地垂直回收，验证了火箭重复使用技术的成熟度。4 月，太空探索技术公司（SpaceX）“猎鹰”9 火箭第一子级在发射 9 分钟后，精准降落在发射场以东 300 千米的海上回收平台上，成功完成世界火箭一子级的首次海上垂直回收；并在 5 月至 8 月又接连完成 4 次海上回收和 1 次陆地回收。这一系列运载火箭飞行试验表明运载火箭子级垂直回收技术趋于成熟，也为后续研制垂直起降可重复使用运载火箭奠定了基础。

美国国防高级研究计划局（DARPA）2016 年 4 月发布“试验型航天飞机一号”（XS-1）第二和第三阶段招标公告，以开展 XS-1 的详细设计、制造、集成、装配、地面试验以及飞行试验，表明 XS-1 已完成初始方案设计。XS-1 项目于 2013 年 9 月正式启动，采用火箭推进两级入轨方案，要求以 500 万美元/次的发射成本将 1360~2270 千克载荷送入低地球轨道；可在接到发射命令 24 小时内完成发射，具备 10 天内进行 10 次飞行的能力。XS-1 飞行器的一子级采用翼身组合体构型，飞行速度可达到马赫数 10。

2016 年 5 月和 8 月，印度先后完成“重复使用运载飞行器技术验证机”（RLV-TD）的首次高超声速无动力飞行试验和首次超燃冲压发动机“先进技术飞行器”点火试验。前者成功获取飞行气动特性、热防护性能等所需